

의상 애니메이션을 위한 직물 소재의 모델링

이상곤 남양희⁰
세종대학교 컴퓨터공학과, 이화여대 디지털미디어학부⁰
sangkon78@hanmail.net yanghee@ewha.ac.kr⁰

Modeling of Cloth Material for Garment Animation

Sang-Kon Lee Yang-Hee Nam⁰
Computer Engineering Dept., Sejong University
School of Digital Media, Ewha Womans University⁰

요 약

1980년대로부터 컴퓨터 그래픽스 분야에서 의상의 자연스러운 움직임 생성하기 위한 연구가 계속되어 왔다. 유한요소 연속체 모델, 질량-스프링 모델과 같은 물리학적 모델이 등장하고, 수치적 적분법과 정확한 충돌 검사 및 반응처리를 접목하여 그럴듯한 옷감의 움직임을 얻을 수 있게 되었다. 그러나 이들 연구는 대개 표준적 모양 변형을 다루었기에, 두께, 질감, 팻땀한 정도 등 소재의 특성에 따른 차이를 묘사할 수 없었다. 본 논문에서는 의류학을 통해 연구되어온 직물들의 소재특성을 조사분석하고, 시뮬레이션 된 가상 옷감과 실제 옷감의 시각적 유사성 평가를 통한 직물들의 특성 파라미터 추출법을 제안하고 실험하였다. 그 결과 대표적인 옷감 종류에 따라 구별되는 애니메이션 패턴을 생성할 수 있었다.

1. 서론

오늘날 의상 애니메이션은 영화나 게임 등의 분야에서 활발히 사용되고 있고, 의류 전자상거래에서 의상을 미리 입어보고 구입할 수 있도록 활용되는 등 다양한 활용 가능성을 가지고 있다. 이러한 의상 애니메이션은 1980년대로부터 컴퓨터 그래픽스 분야에서 연구되어왔다. 그 결과 물리학적 모델과 빠른 수치적 적분법, 그리고 정확한 충돌 검사 및 반응 기술의 연구 성과를 얻었고, 그럴듯한 옷감의 움직임을 얻을 수 있는 수준에 이르렀다. 하지만 이들 연구는 표준적인 옷감의 모양 변형만을 다루었기 때문에 옷감소재의 특성이 바뀔 때 발생하는 의상의 움직임 변화를 표현하기 힘들다는 한계가 있었다.

본 논문은 옷감소재의 특성이 반영된 자연스러운 의상 애니메이션을 위하여 옷감소재의 특성을 조사하고 추출하는 방법을 제시한다. 구체적으로 의류학을 통해 연구되어온 직물들의 소재특성을 조사분석하고, 시뮬레이션 된 가상 옷감과 실제 옷감의 시각적 유사성 평가를 통한 직물들의 특성 파라미터 추출법을 제안하고 실험하였다.

2. 기존 연구

2.1 옷감의 움직임 모델링

질량-스프링 모델[1-4]은 직물에 대해 입자(질량)와 입자들을 서로 연결하는 스프링으로 간략화한 모델이다. 이 모델은 입자와 스프링간의 상호작용을 통해 힘을 계산하고, 수치적 적분법을 통해 옷감의 움직임을 생성한다. 힘의 계산이 쉽고, 간단한 미분 방정식을 풀어 입자의 위치를 계산할 수 있으므로, 빠르게 옷감의 움직임을 생성할 수 있는 장점이 있다.

이 모델에서 사용하는 수치적 적분법은 옷감에 작용하는 힘을

통해 입자의 위치를 계산하는 방법으로, 명시적 적분법[1-3], 암시적 적분법[10], 그리고 근사된 암시적 적분법[9]이 있다.

명시적 적분법은 현재의 힘을 통해 다음 시간에서의 입자의 위치를 계산하는 방법이다. 간단하고 빠르게 옷감의 움직임을 얻을 수 있는 방법이지만, 시간 간격이 커지면 옷감이 불안정하게 움직이는 단점은 있다. 암시적 적분법은 다음 시간에서의 힘을 고려하여 다음 시간에서의 입자의 위치를 계산하는 것으로, 매번 선형 시스템을 풀어야 하므로 계산량이 많다는 단점이 있다. 이런 단점을 보완한 근사된 암시적 적분법은 선형 시스템을 근사시켜 계산 속도의 향상을 도모했으나, 선형 시스템의 근사로 인한 오류로 입자가 많은 옷감에는 적용하기 어려운 단점이 있다.

한편, 유한 요소 연속체 모델[5-6]은 물리적 이론에 기반하여 연속체에 대한 에너지와 힘을 계산하고, 이 힘을 유한 요소법이나 유한 미분법을 사용하여 옷감의 움직임을 생성하는 방법이다. 이 방법은 유한 요소나 유한 미분을 계산하는데 시간이 많이 걸리고, 연속체로부터 힘을 유도하기 때문에 충돌로 인한 다양한 주름과 접힘 등을 표현하기에 부적절하다.

2.2 옷감의 소재 모델링

옷감의 움직임 모델링을 통해 옷감의 표준적인 모양 변형은 표현할 수 있지만, 옷감소재의 두께, 질감, 팻땀한 정도 등 소재의 특성에 따른 차이는 묘사할 수 없는 한계가 있다. 따라서 옷감의 소재의 고유한 특성을 조사분석하고 평가하여 옷감소재의 특성에 따른 차이를 표현할 수 있는 방법이 필요하다. 이를 위한 기존의 연구로 Kawabata 평가 시스템[7,8]이 있었다.

Kawabata 평가 시스템은 옷감소재의 특성을 평가하기 위해 6가지 기준을 세웠다. 6가지 기준으로는 장력 (Tensile), 굽힘 (Bending), 표면 (Surface), 휨 (Shear), 압축 (Compression), 무게와 두께 (Weight and Thickness)가 있다. 이 시스템은 각

기준에 대해 각각 1대씩의 전문적인 기계 장비를 두고 옷감을 평가한다. 따라서 옷감소재의 특성을 정확하게 평가할 수 있는 장점이 있겠지만, 고가의 기계 장비를 구비할 수 없는 곳에서는 옷감소재의 특성을 조사분석하기 어렵다는 단점이 있다.

3. 직물 소재 모델링

3.1 직물 소재의 분류

직물학에 의하면 옷감은 직조방법에 따라 평직, 능직, 수자직, 파일직, 문직, 크레이프직(Crepe), 익직(Leno), 편성물, 펠트와 부직포, 가죽과 모피로 나눌 수 있다[11]. 대표직물들의 소재특성과 옷감 종류를 [표 1]에 나타내었다.

직물	소재특성	옷감 종류
평직	제직이 간단, 얇으면서 강직하고 실용적, 잘 구겨짐, 표면이 거칠고 광택이 적음	명주, 옥양목
능직	능선이 있음, 유연하며 잘 안구겨짐, 광택이 좋고 표면 결이 고움	타탄, 헤랑본
수자직	유연함, 표면이 매끄럽고 광택이 좋음, 마찰에 약함	공단, 뉴통
파일직	피복성이 우수, 구김에 강함,	우단, 벨벳
문직	다양한 무늬, 표면이 거칠, 잘 구겨짐	양단, 양면직
크레이프직	표면이 깔깔함 신축성, 드레이프성, 방추성이 우수	아문젠, 조켓
익직	잘 비쳐보임, 잘 구겨지지 않음	갑사, 생고사
편성물	신축성과 유연성이 뛰어나	평편, 고무편
펠트, 부직포	표면결이 없음 압축에 대한 탄력성, 보온성이 좋음	스펜데이스 니들런치형
가죽, 모피	크기, 두께, 결이 불균일, 흠이 많음	스웨이드, 무스탕

[표 1] 대표직물들의 소재특성과 옷감 종류 [11]

[표 1]에 나타난 직물조직상의 특성은 의류학에서 보는 관점으로 계산학적인 모델의 차이에 직접 반영되기 힘들다. 따라서, 본 논문에서는 내부 직조방법의 차이 외에 눈으로 관찰했을 때의 직물소재의 차이를 조사분석하였다. 시각적으로 보았을 때 옷감소재의 특성을 구분 지을 수 있는 기준으로는 옷감의 두께, 광택의 유무, 주름의 많고 적음, 즉, 뻣뻣한 정도, 그리고 투명도의 차이가 있다. [표 2]는 이 기준들에 따라 시각적 차이가 비교적 명확한 평직, 수자직, 문직, 익직물을 구분한 것이다.

특성 조직	두께	광택	주름	투명
평직	얇음	적음	잘 구겨짐	불투명
수자직	두꺼움	많음	잘 안구겨짐	불투명
문직	두꺼움	적음	잘 구겨짐	불투명
익직	얇음	적음	잘 안구겨짐	반투명

[표 2] 직물 소재의 특성 평가

3.2 직물 소재의 모델링

앞 절에서 시각적으로 옷감소재의 특성을 평가할 수 있는 기준으로 두께, 광택, 주름, 투명도를 제시하였다. 하지만 이 기준은 아직 모호하기 때문에, 가상 옷감 모델링에 직접 적용할 수 있는 구체적인 수치가 필요하다.

본 논문은 시각적 유사성 판단을 통한 평가 방법을 제시한다. 시각적 유사성이란 컴퓨터로 시뮬레이션 된 가상 옷감과 실제 옷감의 유사성을 눈으로 관찰하고 판단하는 방법으로, 가상 옷감과 실제 옷감이 유사하게 될 때까지 파라미터를 제어하여 최종 값을

취함으로써 옷감소재를 평가하는 방법이다. 이 방법은 기계 장비를 사용하지 않고 옷감소재의 특성을 평가할 수 있는 장점이 있다.

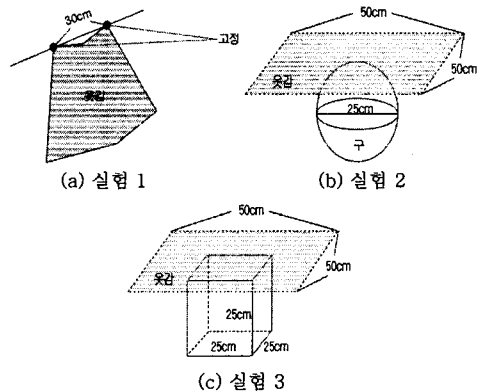
시각적 유사성 판단을 통해 평가할 직물 파라미터는 앞 절의 분류와 Kawabata가 사용한 파라미터들을 반영하여 [표3]과 같이 설정하였다. 즉, 옷감의 주름과 변형은 늘어나는 힘(Stretch), 휘어지는 힘(Shear), 접히는 힘(Bending), 옷의 무게나 무게(Mass), 힘에 대해 저항하는 힘(Damping) 등의 조합에 의해 형성된다. 옷감의 광택은 빛의 반사하는 정도로 나타낼 수 있다. 옷감의 투명도는 렌더링 시 투명도를 지정하여 제어한다.

기준	기능
Stretch	늘어나는 정도를 표현
Shear	휘어지는 정도를 표현
Bending	접히는 정도를 표현
Spring	스프링의 탄성 정도를 표현
Mass	무게를 표현
Damping	힘에 대한 저항 정도를 표현
Transparence	비치는 정도를 표현
Reflection	빛을 반사하는 정도를 표현

[표 3] 의상 소재의 모델링 파라미터

본 논문에서는 [표 3]과 같이 설정된 파라미터에 대해 서로 구분되는 특성을 지니는 평직, 수자직, 문직, 익직을 대표직물로 선정하고 평직의 명주, 수자직의 공단, 문직물의 양단, 그리고 익직물의 갑사와 생고사를 각 분류의 대표 옷감으로 선택하여 시각적 유사성 기반의 직물소재 모델링 실험에 적용하였다.

직물소재 파라미터 모델링을 위한 시뮬레이션 환경은 [그림 1]과 같이 세 종류로 구성하였다. 먼저, 실험1은 옷감의 두 모서리를 임의의 위치에 고정시키고 중력에 의한 자연스러운 옷감의 늘어짐을 실험하는 환경이다. 실험2는 구 위에 동일한 옷감을 올려놓아 실제 옷감과 가상 옷감의 시각적인 유사성을 비교한다. 실험3은 사각 Box위에 옷감을 올려놓아 뾰족한 모서리 근처에서의 실제 옷감과 가상 옷감 굽힘의 유사성을 비교한다.



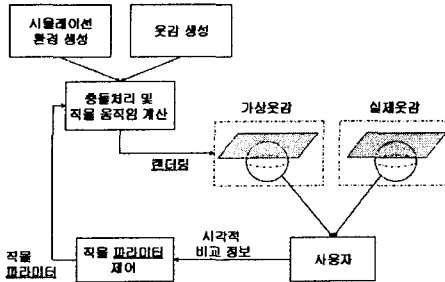
[그림 1] 세 가지의 실험 방법

이 모델링 파라미터 추출 실험에서 물체에 대한 접촉이나 중력의 영향 등으로 인한 직물의 모양변형은 옷감소재의 특성에 영향을 받는 주름과 접힘 등의 모양변화를 비교적 짧은 계산시간 안에 반영해줄 수 있는 질량-스프링 모델을 적용한다. 이 모델이 필요로하는 수치적 적분법에 대해서는 본 논문에서 다루는 옷감소재의 특성 조사가 긴 시간 간격을 요구하지 않기 때문에, 빠른 계산과 주위 물체와의 충돌검사를 쉽게 처리할 수 있는 장점을 가지는 명시적 적분법을 선택하였다. 명시적 적분법의 계산 방법은 419 [식 1]과 같다. 여기서 x는 입자의 위치, v는 속도, F는 힘, m은

질량을 나타낸다.

$$\left. \begin{aligned} v^{n+1} &= v^n + F^n \frac{dt}{m} \\ x^{n+1} &= x^n + v^{n+1} dt \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots [식 1]$$

다음 [그림 2]는 위의 실험을 위한 시스템 블록 다이어그램을 보여준다.



[그림 2] 옷감 특성 조사를 위한 시스템 블록 다이어그램

제어 실험에 사용되는 모서리, 구, 육면체 등을 제공하는 시뮬레이션 환경 생성 모듈과 질량-스프링 모델계산에 의한 기본 옷감 생성 모듈을 통해 실험 환경이 구성된다. 시뮬레이션 환경의 제약사항에 따라 충돌처리 및 물리적 시뮬레이션을 하고 그 결과를 렌더링한다. 그 결과, 사용자는 렌더링된 가상 옷감의 움직임과 실제 옷감의 움직임을 시각적으로 비교하게 되며, 시각적으로 유사한 결과를 향해 직물 파라미터를 제어함으로써 가상 옷감의 특성 정보를 갱신한다. 이 때, 매 순간 갱신된 파라미터는 가상 옷감의 움직임을 갱신하게 된다. 이 과정을 가상옷감과 실제옷감의 모양 변형이 만족스럽게 일치될 때까지 반복하므로, 옷감의 특성을 평가할 수 있다.

4. 실험 결과

앞 절에서 제안된 모델링 환경을 통해 직물 소재를 평가한 결과, 다음 [표4]와 같은 파라미터 값에서 가장 본래의 소재와 유사한 가상 옷감 변형을 얻어낼 수 있었다. 아래 [표4]에서 괄호 안의 범위는 각 기준을 어느 정도 옷감이 가지고 있는지를 나타낸다. 숫자가 클수록 그에 상응하는 특성을 많이 가지는 것을 의미한다.

기준(범위)	소재	명주	공단	양단	감사	생고사
Stretch (0-100)		4.00	3.95	4.00	4.00	4.00
Shear (0-100)		3.95	3.95	2.63	4.00	4.00
Bending (0-100)		4.00	7.89	3.95	15.20	16.40
Spring (0-100)		10.53	13.16	19.74	26.32	28.95
Mass (0-100)		2.63	7.26	6.58	5.58	5.58
Damping (0-1)		0.89	0.96	0.5	0.5	0.5
투명도 (0-1)		0.0	0.0	0.0	0.5	0.5
반사도 (0-1)		0.6	0.8	0.3	0.3	0.3

[표 4] 8가지 기준에 따른 5가지 직물 소재의 평가 데이터

다음 [그림 3]는 반투명하며 잘 접히지 않는 특성을 가진 감사를 실험 1 방법에 적용한 결과를 보여준다. 실제 감사 옷감과 가상 감사 옷감의 결과를 통해 반투명 특성과 잘 접히지 않는 특성이 반영된 것을 볼 수 있다.



(a) 실제 감사 옷감 (b) 가상 감사 옷감
[그림 3] 감사의 실제와 가상의 움직임 결과

다음 [그림 4]는 명주와 잘 접히지 않는 특성을 가진 생고사를 실험 2 방법에 적용한 결과를 보여준다. 명주의 불투명하고, 가벼우며, 잘 접히는 특성과 생고사의 반투명하고 잘 접히지 않는 특성이 드러나 있는 것을 볼 수 있다.



(a) 가상 명주 옷감 (b) 가상 생고사 옷감
[그림 4] 명주와 생고사의 가상 옷감의 움직임 결과

5. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 보다 현실감 있는 의상 애니메이션을 위해 직물 소재의 특성을 모양 변형에 적용할 수 있도록 소재의 모델링 방법을 연구하였다. 향후 옷감 생성기를 통해 의상을 모델링하고 움직이는 사람 모델에 적용시킨 후, 본 논문에서 얻어진 의상 소재의 특성 파라미터를 적용하여 실제 직물 소재의 차이와 흡사한 차이를 보여주는 옷감 애니메이션을 연구자 한다.

6. 참고문헌

[1] X. Provot, " Deformation constraints in a mass-spring model to describe rigid cloth behaviour", Proceedings of Graphics Interface 141-155, 1995.
 [2] T. Vassilev, B. Spanlang, Y. Chrysanthou, " Fast Cloth Animation on Walking Avatars", proc. Eurographics, September, 2001.
 [3] P.Volino, N.Magnenat-Thalmann, "Developing Simulation Techniques for an Interactive Clothing System", Proc. VSM97, 109-118, 1997.
 [4] Breen, David E., Donal H. House, and Michael J. Wozny, " A Particle-Based Model for Simulation th Draping Behavior of Woven Cloth", Textile Research Journal, 663-685, 1994.
 [5] Terzopoulos, D., j. Platt, A. Barr and K. Fleischer, " Elastically Deformable Models," Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH), 21(4): 205-214, 1987.
 [6] P. Volino, M. Courchesne, N. Magnenat Thalmann, " Versatile and efficient techniques for simulating cloth and other deformable objects", Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH), 137- 144, 1995.
 [7] Kawabata Evaluation System-Fabrics (KES-F), http://www.cgl.uwaterloo.ca/~tjlahey/cgl_talks/oct26_98/KES.html
 [8] Textile Protection And Comport Center(T-PACC), <http://www.tx.ncsu.edu/research/tpacc/comfort/KES/keslab.htm>
 [9] Young-Min Kang, Jeong-Hyeon Choi, Hwan-Gue Cho, Do-Hoon Lee. " An efficient animation of wrinkled cloth with approximate implicit integration", The Visual Computer Journal, Springer-Verlang, 2001.
 [10] Baraff D, Witkin A, " Large Steps in Cloth Simulation", Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH), 43-54, 1998.
 [11] 중앙대학교 가정교육과 오경화 교수님 연구실연구실, <http://cau.ac.kr/~weave/fabricinfodesign/fabricinfodesign.htm>